

原子は人工によりて變轉す (講演)

臺北帝國大學教授 理學博士 荒 勝 文 策

序

下賤な金屬を變じて高貴なる物質にしようとする努力は、既に鍊金術の昔、人類によつて拂はれました。この努力は、實驗に實驗を重ねる度に、其豫想を裏切りまして、結果は全く別の方向に發展して行つたのであります。即ち、それは今日の所謂「化學」と稱する所の美しい近代科學の一部門を呼び起したのでありまして、其得た結論は、次の様な命題となり了つたのであります。即ち、『凡ての物質はこれ皆九十幾つかの「元素」と呼ぶべき物より構成せられて居るものであります。この元素は、凡て夫々「原子」と稱する微細なる(約 10^{-8} cm 程度の直径)最後的粒子として存在するのでありまして、これ等の粒子は尋常一様の手段を以てしては、決して、破壊し又は相互に變轉するものでは無いと云ふのであります。』これは、人類の野望に對する努力の悲鳴が眞理の一つとして表はれ、學の基礎を作つたのであります。これと似たことが物理學にもあるのでありまして、『一度仕掛けて置けば、何等勢力をつぎ込まずとも、永久働く様な器械仕組』を考案工夫せんとする多くの努力の悲鳴は、「さることは天理に悖り、エネルギーは不滅である」と云ふ物理學の根本命題を得たのであります。即ち、熱力學の基本原則を知つたのであります。

人の努力は必ず花を開き、實を結ぶものであります。實利を目指して純理を悟り、純理に精進して實效の法を知るは、共に共に學徒の進む路であります。一を野卑と下げすみ、他を迂遠と笑ふは、いづれも共に誠むべきことであります。所詮は人類の内的生活の擴充であり、人類自らの祝福歡喜にあるのであります。原子變轉の野望は直接之を志し、直ちに之に著手した鍊金術者には恵まれなかつたのでありますが、眞摯なる自然科學者の、倦まざる自然觀測と實驗とによりまして、至つて合理的に、而も前途に洋々たる希望の輝きを見つゝ、成功するの域に達したのであります。吾々は、ここに、其の發展の經路を靜に眺め、この貴き人類努力の跡を辿つて見たいと思ふのであります。

原子の自然崩壊

物理學界は、私の此世に誕生致しました事を祝福致して居ります爲か、その年以來、異狀の發展を致して参つたのであります。

眞空放電の方法による物理學の研究は、その時分から發達致して参りました。1895年には、Röntgen によつて、所謂レントゲン線、即ちX線が發見されました。それより數ヶ月遅れて、1896年には、Becquerel によつてウラニウムの放射能作用が發見せられ、引續き1897年には J. J. Thomson 其他によつて電子 (Electron) の存在が知られ、爾來、原子の物理學は異狀の進歩をなしたのであります。それが、1900年 Planck によつて、量子現象界の鍵が開かれて、より一層精氣を現はして來たのであります。

『發光スペクトルの研究をせよ、然らば原子の電子構成は明とならん』との長岡博士の卓見(其の模型は今日其儘の形としては、既に古典に屬することではありますが)を如實に、1913年には Bohr によつて、Rutherford の有核原子模型を Planck の量子世界と見たる、かの有名なる原子構造論が提出されたのであります。それによりますと、原子は核(直徑 10^{-12} — 10^{-13} cm 程度のもの)と稱ふべき陽電氣を帶びた重い中心の周圍をば、多くの電子が恰も太陽系に於ける遊星の如く、種々の量子的廻轉運動量を以て運行(其軌道の直徑は 10^{-8} cm 程度のもの)する所の、一つの電磁力學系であると云ふのであります。其の核の持つ陽電氣の量、從つて、其の周圍を運行しつつある電子の數が(其原子の周期表に於ける番數に等しきものであると見られて居る)、其の原子の化學的性質を決定するものであると見られ、これ等電子の運行狀態の物理として、原子が研究されたのであります。この物理、即ち「原子外廓電子の物理學」は、其後 Heisenberg (1925) によつて新鮮味が與へられ、物理現象を、代數學化して見る習慣が新に導入されたのでありましたが、de Broglie (1924—6) の物質と波動との不可分性の研究は、Schrödinger (1926) の所謂「波動力學」を生み、それ等が凝つて、Dirac (1928) を通じて一層整然たる量子力學として現はれたのであります。

斯くて、物質(電子)存在の實現性、即ち、或る現象の起る實現性を支配する波動の物理學として、或は、或狀態の存在する強さを算出するに最も適す

る代數學として、原子の構成状態が研究せられるに至り、全く劃期的成果をこの原子外層電子の物理學に於て致したのであります。

所が一方、原子の本丸である「核」が、果して何であるか、即ち該原子の質量の殆んど全部のかゝつてゐる此の陽電氣を有つ本體は、果して單一の「要元」であるか、或は又或種の構造物であるか、等と云ふ所謂「原子核の物理學」は、これに比べますと、今日まで非常に僅かしか分つて居なかつたのであります。

原子核物理學として、僅に致されてゐたのは、放射能作用の研究と、原子一個々々の質量を測定する研究とであつたのであります。

放射能作用の研究は、1898年、Mme. Curie が Radium 及び Polonium を、Bohemia 産 Pitchblende より析出發見致しまして以來、英佛二國に於て、特に盛に研究されたのでありまして、中でも、其の物理學的方面の研究は、現に、英國 Cambridge 大學の Cavendish Laboratory の長たる Rutherford 卿、並に其の一門の獨專的境地に屬して來たのであります。これによりますと、Radium 等の所謂放射物質は、之を自然に放置して置きますと、之れからは、寫眞板を感光せしめる所の「線」を放射するのでありまして、之の線が通過する際は、附近の空氣を電離し、螢光物質に當つては、之れを光らせると云つた様な作用を呈するのであります。此の線を其の性能によつて分析致しますと三種になるのでありまして、第一の線(α 線)は、高速度 (10^9 cm/sec程度)にて走る He 原子の核、即ち、其れの有する二個の外層電子を全く失ひ、從て2だけの陽電氣を帶びた全裸體の He であります。第二の線(β 線)は、全く電子(陰電子)でありまして、それが 10^{10} cm/sec 程度の速度を以て走るものであり、第三の線(γ 線)は、 α 線 β 線等の如き帶電體では無くて、前に Röntgen の發見いたしましたX線と全く同様、所謂、電磁波的輻射線でありまして、只其の波長が短く、從て、振動數が大であつて、爲めに、其のものの持つエネルギー量子 $h\nu$ が、非常に大きいと云ふのみが違ふ所の線であります。此等 α, β, γ の各線の放射される模様、即ち放射能は、其の原子の化學的結合状態とか、溫度、壓力、其の他普通の物理的状況には無關係に、止め度も無く、と云つて、又促進加速しようもなく、只、成り行きのに行はれて居るものであります。Rutherford は1900年に、化學的には他物質と全く結合力なきにも

拘らず、其の放射能は又非常に強い瓦斯體 Thorium Emanation を發見し、續いて Radium Emanation, Actinium Emanation を發見致したのでありますが、これ等を容器に入れて、數時間又は數日間放置して置きますと、次へ次へと、其れの現はす放射能の變化を來して參りました。放射能のみではなく、其の化學性質迄もが全く變化し、他の物質と結合し得る種々の異なる物質へと、段階を経て變化することを發見致したのでありまして、ここに1903年、Rutherford 並に Soddy によつて、所謂「放射能的變轉」の見解が提唱されたのであります。此の考へによりますと、『放射性元素は、普通の元素とは異り、其の原子は自然に崩壊し行き、其際、 α 及び β 粒子等を放射して、化學的性質や物理的性質の全く異つた他の新しき原子に變轉するものであり、此の原子も亦、不安定なものであつて、其のうちには、復同様にして次の原子に變り行き、かくて、最後に至つて安全なる原子になつて落ちて着くものである、』と云ふのであります。この放射能の現象を、此の考で觀察致しますと、至つて都合よく、なだらかに「分る」のでありまして、今日、この驚くべき見解も常識となつて了ひ、誰一人疑はなくなつた様な次第であります。例へば、これを Radium に就て申しますと、Ra 原子(226)の一群があると致しますと、これ等は、夫々時間の経過と共に(或物は疾く或物は遅れは致しますが)不安定となると見えまして、其の一つ一つが急に爆發的崩壊をなし、 α 粒子を非常に高速度 1.5×10^9 cm/sec (4.7×10^6 electron-volt) を以て飛び出させるのであります。此の α 粒子は He の原子核でありますから、4 の原子量を有するわけでありまして、従て、結果の原子は、これだけ輕くなつて、222 の原子量の Radon (Radium Emanation) なる化合性無き放射性物質となります。之れが復 α 粒子を出して瓦斯體ならぬ Ra A となり、順次變轉して遂に安全なる原子 (Ra G)、即ち、一種の鉛となり了ると云ふのであります。其際、各變轉に於て生ずる新原子は、週期表上に於ては、それが α 變轉によつて生ずるならば二つ左に昇り、 β 變轉によるものならば一つ右に移るのでありまして、此點亦事實と理論とはよく調和するのであります。この放射能的變轉の順序を簡単に圖示致しますと、第一圖の如くなるのであります。

第 一 表

元記 素號	元 素 番 數	原電 荷 子 數	化 學 的 原 子 量	原質 量 子 數	同位元素 の相對的 存在量%	元記 素號	元 素 番 數	原電 荷 子 數	化 學 的 原 子 量	原質 量 子 數	同位元素 の相對的 存在量%
H	1		1.0078	{	1 c. 100 2 ~0.0002	Ti	22		47.90	{	48 (50)
He	2		4.0022	{	4 100	V	23		50.95	{	51 50
Li	3		6.940	{	6 6 7 94	Cr	24		52.01	{	52 81.6 53 10.4 54 3.1
Be	4		9.02	{	8 <0.1 9 c. 100	Mn	25		54.93	{	55
B	5		10.82	{	10 22 11 78	Fe	26		55.84	{	54 56
C	6		12.0036	{	12 c. 100 13 <0.1	Co	27		58.94	{	59 58
N	7		14.008	{	14 c. 100 15 ~0.1	Ni	28		58.69	{	60 63
O	8		16.0000	{	16 c. 100 17 <0.03 18 ~0.15	Cu	29		63.57	{	65 64 48.0 65 2.5 66 25.9 67 5.3 68 17.1 69 0.85 70 0.38
F	9		19.00		19	Zn	30		65.38	{	
Ne	10		20.183	{	20 21 22	Ga	31		69.72	{	69 71 70
Na	11		22.997		23					{	71 72 73
Mg	12		24.32	{	24 25 26	Ge	32		72.60	{	74 75 76
Al	13		26.97		27					{	77 75
Si	14		28.06	{	28 29 30	As	33		74.93	{	74 76 77
P	15		31.02		31	Se	34		79.2	{	78 80 82
S	16		32.06	{	32 33 34					{	79 81 80
Cl	17		35.457	{	35 59 37 41 39 1	Br	35		79.916	{	82 83 84 86
Ar	18		39.944	{	36 40	Kr	36		83.7	{	85 87 86
K	19		39.10	{	39 94.8 41 5.2	Rb	37		85.44	{	87 88
Ca	20		40.08	{	40 44	Sr	38		87.63	{	
Sc	21		45.10		45					{	

元記 素號	元素 番數	電 荷 子數	化 學 的 原 子 量	原 質 量 子數	同位元素 の相對的 存在量%	元記 素號	元素 番數	電 荷 子數	化 學 的 原 子 量	原 質 量 子數	同位元素 の相對的 存在量%
Y	39		88.92	89		Pr	59		140.92	141	
Zr	40		91.22	90		Nd	60		144.27	142	
				92						144	
				94						(145)	
				96						146	
				92	14.2					196	0.1
				94	10.2					198	9.9
				95	15.5					199	16.4
Mo	42			96	17.8	Hg	80		200.61	200	23.8
				97	9.6					201	13.7
				98	23.0					202	29.3
				100	9.8					204	6.8
Ag	47		107.880	107						203	30
				109						205	70
				110		Tl	81		204.39	207	
				111						208	
Cd	48		112.41	112						210	
				113						206	86.8
				114						207	9.3
				116						208	3.9
In	49		114.8	115		Pb	82		207.22	(209)	
				112	1.07					210	
				114	0.74					211	
				115	0.44					212	
				116	14.19					214	
				117	9.81					209	
Sn	50		118.70	118	21.48	Bi	83		209.00	210	
				119	11.02					211	
				120	27.04					212	
				121	2.96					214	
				122	5.03					210	
				124	6.19					211	
Sb	51		121.76	121		Po	84			212	
				123						214	
				126						215	
Te	52		127.5	128						216	
				130						218	
I	53		126.92	127		Em	86		222.	219	
				124	0.1					220	
				126	0.1					222	
				128	2.3					223	
				129	27.1					224	
Xe	54		131.3	130	4.2	Ra	88		225.97	226	
				131	20.7					228	
				132	26.4					227	
				134	10.3	Ac	89			228	
				136	8.8					227	
Cs	55		132.81	133						228	
				135		Th	90		232.12	230	
Ba	56		137.36	136						232	
				137						234	
				138						231	
La	57		138.92	139		Pa	91			234	
				140						234	
Ce	58		140.13	142		U	92		238.14	238	

原子量は、He の原子量の整数倍となつて居る筈であり、従て、原子一個一個の質量も、必ずや He 原子一個の質量の整数倍になつてゐる筈であります。しかし化學上の所謂原子量は、(既に、國際的に年々精密なる測定によつて定められて居りますが、)勿論其様なことにはなつてゐないのであります。然らば、どうなつてゐるかと申しますと、酸素を16としての他の元素の原子量は、或物は比較的整数に近く(例へばC=12.0036, N=1.4008の如く)表はれ或物は比較的整数よりは大きく離れた小数部分を有してゐる(Ne=20.18 Cl=35.5)まして、勿論4の倍数にのみなつてはゐないのであります。所が J. J. Thomson が、其陽極線分析の研究法によりまして、初めて原子竝に分子の一個一個の質量を比較する方法を案出致しましてから、この原子量と云ふ觀念を、一層精細につき進んで解釋することが出来て來たのであります。同氏は Ne に就て、陽陰線分析を行ひました際、原子量 20.18なるこの元素の原子一個の質量は、(O=16として見ると、)決して20.18ではなく、20のものと22のものと二種(後人の研究では尙21との三種)よりなる混合であると云ふことを見たのであります。即ち、Ne=20.18は、この二つの同位元素の混合の平均値であると云ふことを發見したのであります。私がお手傳ひ致しまして行ひました京大石野教授の鹽素(35.5)に關する同方法による研究の結果も、この比較整数値よりの離れの大きい元素は、亦35及び37(當時34と36と測定は致しましたが)の二種の整数値で表はされる同位元素の混合であると云ふことを知つたのであります。時を同じうして Aston は、非常に巧なる方法を案出致しまして、原子のかゝる性質を特に詳しく研究することに便利な裝置を完成致しまして、多くの元素の原子に就て研究を行ひました。其結果は第一表にある様に、凡ての元素の原子一個一個の質量はO=16として表はせば殆んど整数で表はされる様に出来てゐるものであると云ふことを明瞭にしたのであります。

そう致しますと、前に申上げました様に、原子核が築材より組立てられて居るであらうと云ふ想像は、新しい意味を以て證據が揚つて來たわけでありまして、凡ての元素の原子核は、1と云ふ質量のもの、即ち、水素原子核 Proton から組立てられてゐるのではなからうか、例へ、それが築材の第二單位としてHe (4H) を含むとしても、所詮は、水素竝に水素類似のものの結合して居るものではなからうかと考へられるのであります。かくて、昔致された、Prout の假説が、新しく認識の世界へ蘇生つて來たのであります。(續く)